

**KOMPARASI PASIR MERAPI DAN CEPOGO PADA CAMPURAN
HRS-WC TERHADAP NILAI *WORKABILITY* DAN *PROPERTIES*
MARSHALL DENGAN MENGGUNAKAN ALAT PEMADAT *ROLLER*
SLAB**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Progam Studi Strata 1
pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

JENDRO AWALUDIN HERI WIBOWO

D100 160 077

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

**KOMPARASI PASIR MERAPI DAN CEPOGO PADA CAMPURAN
HRS-WC TERHADAP NILAI *WORKABILITY* DAN *PROPERTIES*
MARSHALL DENGAN MENGGUNAKAN ALAT PEMADAT *ROLLER*
*SLAB***

PUBLIKASI ILMIAH

oleh

JENDRO AWALUDIN HERI WIBOWO

D100160077

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Ir. Agus Rivanto, M.T.

NIDN : 0602036201

HALAMAN PENGESAHAN

**KOMPARASI PASIR MERAPI DAN CEPOGO PADA CAMPURAN
HRS-WC TERHADAP NILAI *WORKABILITY* DAN *PROPERTIES*
MARSHALL DENGAN MENGGUNAKAN ALAT PEMADAT ROLLER
SLAB**

OLEH

JENDRO AWALUDIN HERI WIBOWO

D100160077

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Sipil

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Kamis, 17 Juni 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. **Ir. Agus Riyanto, M.T.**

(Ketua Dewan Penguji)

2. **Dr. Ir. Zilhardi Idris, M.T.**

(Anggota I Dewan Penguji)

3. **Nurul Hidayati, ST, MT, Ph.D.**

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan Fakultas Teknik



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIDN : 0603027401

PERYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 17 Juni 2021
Penulis,



JENDRO AWALUDIN HERI WIBOWO

D100 160 077

KOMPARASI PASIR MERAPI DAN PASIR CEPOGO PADA CAMPURAN *HRS-WC* TERHADAP NILAI *WORKABILITY* DAN *PROPERTIES MARSHALL* DENGAN MENGGUNAKAN ALAT PEMADAT *ROLLER SLAB*

Abstrak

Salah satu faktor keberhasilan dalam pembangunan jalan adalah tersedianya bahan konstruksi jalan yang memenuhi syarat spesifikasi teknis. Bahan konstruksi jalan yang dimaksud adalah agregat. Di Jawa Tengah pasir Merapi dan Cepogo sangatlah umum digunakan untuk bahan campuran perkerasan jalan. Dengan menggunakan metode campuran *Hot Rolled Sheet-wearing course* sebagai salah satu jenis perkerasan lentur bergradasi agregat semi senjang. Urutan penelitian menggunakan data primer. Adapun pemadatan menggunakan pemadat *Roller Slab* dengan variasi 35, 48, 64 lintasan. Dilakukan pemadatan dengan pengukuran tinggi sampel pada saat 3 kali lintasan untuk diambil data workabilitas, lalu dilanjutkan hingga lintasan rencana. Untuk sampel dengan pemadatan *roller slab* perlu didiamkan beberapa hari agar mengeras, untuk dilakukan *coredrill*. Kemudian seluruh benda dilakukan uji *Marshall* untuk mengetahui *Properties Marshall*. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan pasir Merapi lebih *workable* dibandingkan dengan pasir Cepogo. Dengan nilai *Workabilitas* Pasir Merapi pada 35, 48, 64 lintasan sebesar 101,11%, 102,75%, 103,67%, sedangkan Cepogo sebesar 100,97 %, 101,80 %, 102,69 %. Untuk *Properties Marshall* pasir Merapi lebih baik dibandingkan dengan pasir Cepogo, karena Pasir merapi mengandung abu vulkanik sehingga dapat memperbaiki kualitas campuran. Untuk karakteristik *Marshall* pasir Merapi stabilitas sebesar 820,55 kg, 1158,53 kg, 1439,74 kg, nilai *flow* 2,67 mm, 2,82 mm, 3,37 mm, nilai *MQ* 308,07 kg/mm, 344,29 kg/mm, 431,42 kg/mm, *VIM* 5,54%, 5,14%, 4,95%, *VMA* 18,47%, 18,13%, 17,96%, *VFWA* 70,03% , 71,78%, 72,51%. Sedangkan karakteristik Cepogo stabilitas sebesar 939,33 kg, 1203,50 kg, 1538,15 kg , *flow* 3,10 mm, 3,15 mm, 3,73 mm, *MQ* 303,82 kg/mm, 371,71 kg/mm, 412,14 kg/mm, *VIM* 4,94%, 4,68%, 4,37%, *VMA* 18,36%, 18,14%, 17,88%, *VFWA* 73,32%, 74,43%, 75,60%.

Kata kunci: hrs-wc, pemadatan roller slab, properties marshall, workabilitas.

Abstract

One of the success factors in road construction is the availability of road construction materials that meet the technical specifications. The road construction material in question is aggregate. In Central Java, Merapi and Cepogo sands are very commonly used for road pavement mixtures. By using the Hot Rolled Sheet-wearing course mixture method as a type of flexible pavement with semi-gap aggregate graded. The research sequence uses primary data. The compaction uses Roller Slab compactor with variations of 35, 48, 64 passes. Compaction was carried out by measuring the height of the sample during 3 passes to collect workability data, then continued until the planned path. For samples with roller slab compaction it was necessary to let it sit for a few days to harden, to be coredrilled. Then, all objects. Marshall test is performed to determine the Properties. Marshall. The results showed that the use of Merapi sand is more workable compared to sand. Cepogo. With the workability value of Pasir Merapi at 35.48.64 tracks of 101.11%, 102.75%, 103.67%, while Cepogo is 100.97%, 101.80%, 102.69%. For Marshall properties, Merapi sand is better than Cepogo sand, because Merapi sand contains volcanic ash so that it can improve the quality of the mixture. For Marshall characteristics, the stability of Merapi sand is 820.55 kg, 1158.53 kg, 1439.74 kg, flow value 2.67 mm, 2.82 mm, 3.37 mm, MQ value 308.07 kg/mm, 344, 29 kg/mm, 431.42 kg/mm, VIM 5.54%, 5.14%, 4.95%, VMA 18.47%, 18.13%, 17.96%, VFWA 70.03% , 71.78%, 72.51%. While the characteristics of

Cepogo stability are 939.33 kg, 1203.50 kg, 1538.15 kg, flow 3.10 mm, 3.15 mm, 3.73 mm, MQ 303.82 kg/mm, 371.71 kg/mm , 412.14 kg/mm, VIM 4.94%, 4.68%, 4.37%, VMA 18.36%, 18.14%, 17.88%, VFWA 73.32%, 74.43% , 75.60%.

Keywords: hrs-wc, roller slab compaction, marshall properties, workability.

1. PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan salah satu prasarana yang sangat penting dan sangat dibutuhkan oleh masyarakat, karena jalan raya berfungsi menghubungkan sumber–sumber produksi, serta berperan memperlancar mobilisasi dan arus transportasi darat pada daerah–daerah sekitarnya. Yang dapat mempermudah atau mempercepat perkembangan pembangunan baik itu infrastruktur maupun ekonomi suatu daerah. Agar jalan dapat berperan secara optimal, maka jalan harus berada pada keadaan baik, harus memenuhi kriteria konstruksi perkerasan yaitu tidak mudah aus, dan tidak terjadinya perubahan bentuk (*Deformasi*), sehingga dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan.(Agus Fanani dkk, 2017)

Struktur lapis perkerasan jalan untuk saat ini adalah struktur lapis perkerasan lentur dengan campuran aspal panas yang disebut *Hot Mix*, salah satu jenis campuran aspal panas yang digunakan adalah *LATASTON* (lapisan tipis aspal beton) atau yang lebih dikenal dengan *HRS (Hot Rolled Sheet)*. Lapisan *LATASTON* terdiri atas dua jenis lapisan yaitu: *HRS* lapis aus (*HRS–Wearing course*) dan *HRS* pondasi (*HRS–Base*) yang didesain untuk volume lalu-lintas ringan sampai berat. Perencanaan campuran aspal antara agregat kasar, agregat halus, filler (abu batu) dan aspal, di rancang sesuai dengan spesifikasi umum sehingga mendapatkan mutu yang diinginkan, dalam hal ini kedap air (*Impermeability*) dan mempunyai ketahanan terhadap gaya geser maupun menerima beban lalu-lintas. Untuk mendapatkan campuran aspal dengan karakteristik yang baik, maka terlebih dahulu dibuat formula campuran kerja atau yang lebih dikenal dengan *Mix Formula*. (Agus Fanani dkk, 2017)

Pemadatan campuran aspal agregat di lapangan menggunakan alat tandem roller dan pneumatic tire roller dengan cara digilas dan stamper yang dengan cara ditumbuk. Stamper hanya digunakan untuk pemadatan dalam skala kecil sehingga jarang digunakan untuk pekerjaan di lapangan. Jika di Laboratorium alat pemadat yang digunakan adalah marshall hammer yang bekerja dengan cara ditumbuk. Kemudian tim laboratorium teknik sipil dan teknik mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta membuat alat baru yang bernama alat pemadat *roller slab* (APRS). Alat ini mempunyai sistem pemadatan yang lebih menyerupai tandem roller dan pneumatic tire

roller yang pemadatannya dengan cara digilas dibandingkan marshall hammer atau stamper yang pemadatannya dengan cara ditumbuk.(Sunarjono dkk , 2009)

Biasanya prosedur pemadatan dalam pembuatan benda uji di laboratorium dilakukan dengan pembebanan statis menggunakan alat *Marshall Hammer*. Hal ini berbeda kenyataannya di lapangan yang dilakukan dengan pembebanan dinamis berulang menggunakan alat *tandem roller* dan *pneumatic roller*. Pada dasarnya penggunaan alat *Marshall Hammer* ini hanya digunakan dalam skala kecil seperti di laboratorium, sedangkan dilihat dari segi kemudahan pekerjaan (*workability*) tidak dimungkinkan untuk melakukan pemadatan menggunakan *Marshall Hammer* dalam skala besar. Oleh karenanya Sunarjono dkk (2009) membuat konsep alat yang prosedurnya mendekati kondisi di lapangan yaitu Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS). Alat Pemadat *Roller Slab* (APRS) menggunakan prinsip energi kinetik. Pemadatan ini dapat mempengaruhi tingkat kemudahan pelaksanaan (*workabilitas*) untuk mendapatkan tingkat kepadatan yang sesuai dengan spesifikasi yang diisyaratkan.

Besarnya rongga yang terdapat dalam campuran sangat berpengaruh terhadap komposisi *volumetric* campuran. Parameter seperti *Void In Mix (VIM)*, *Void In Mineral Agregat (VMA)*, dan *Void Filled With Asphalt (VFWA)* akan mempengaruhi tingkat kekuatan campuran dalam menerima beban tanpa terjadinya perubahan bentuk (deformasi) seperti gelombang, *cracking* maupun *bleeding* atau yang biasa dikenal dengan istilah stabilitas.

Parameter sifat *Marshall* merupakan hal pokok dalam merencanakan jenis campuran beraspal. *Properties Marshall* merupakan pemeriksaan yang bertujuan untuk menentukan ketahanan (*stabilitas*) terhadap kelelahan (*flow*) dari campuran aspal dan parameter *Volumetrik* pada campuran (shabrina 2019). Salah satu sifat *Marshall* yang penting adalah stabilitas. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang bekerja. Jumlah volume kendaraan yang tinggi rata-rata di dominasi oleh kendaraan dengan beban lalu lintas berat yang membutuhkan stabilitas lebih besar daripada volume lalu lintas yang didominasi kendaraan ringan. Stabilitas sangat bergantung pada tingkat kepadatan campuran beraspal, sehingga pemadatan menjadi faktor yang diperhitungkan untuk mencapai tingkat kekuatan campuran beraspal yang akan dibuat.(Ardan's 2020)

Sungai Progo memiliki anak Sungai yang berhulu di gunung Merapi, sehingga Sungai Progo mendapat aliran lahar dingin dari gunung Merapi yang menjadikan Sungai ini banyak memiliki material berupa batu-batuan, kerikil dan pasir. Oleh sebab itu

masyarakat disekitar Sungai Progo memanfaatkan material tersebut guna mendapatkan penghasilan, sehingga banyak kita jumpai tempat-tempat penambangan kerikil, dan pasir, untuk memenuhi permintaan guna keperluan salah satunya perkerasan jalan.

Pasir atau Agregat halus, yang ada di Sungai Progo sering digunakan untuk bahan bangunan dan sebagai bahan perkerasan jalan. Dari sepanjang Sungai Progo, di daerah Bantar ada penambangan pasir, dan krikil yang paling ramai dikunjungi oleh para pembeli, sehingga penambangan tersebut cukup ramai di bandingkan dengan daerah yang lain sebab lokasinya yang mudah dijangkau, dan dekat dengan jalan raya Yogya – Wates KM 15.(Sukanto H M 2020)

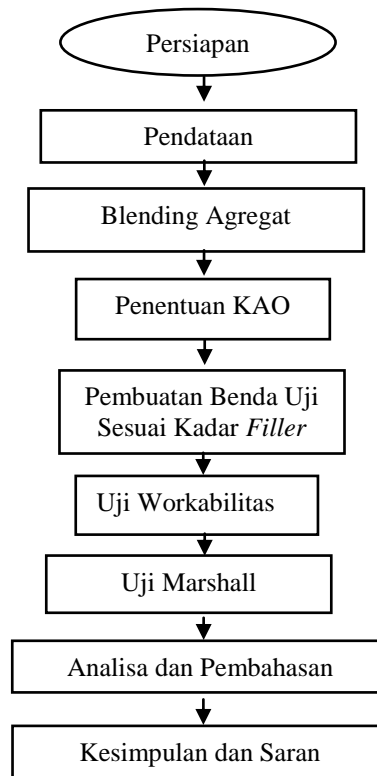
Sedangkan Pasir Cepogo yaitu pasir tambang yang diambil di daerah Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali. Lokasi tersebut merupakan tempat penambangan pasir dengan *deposit* yang *relatif* cukup besar dan sampai saat ini, dimanfaatkan oleh masyarakat setempat secara besar-besaran Secara *visual* pasir cukup baik, bersih, keras, bebas dari bahan pengotor dan bergradasi baik dengan butir yang beragam.

Terkait dengan hal tersebut, maka peneliti ingin meneliti tentang komparasi Pasir Merapi dan Pasir Cepogo dalam campuran *HRS-WC*, dengan judul penelitian “Komparasi Pasir Merapi dan Pasir Cepogo Pada Campuran *HRS-WC* Terhadap Nilai Workabilitas dan *Properties Marshall* Dengan Menggunakan Alat Pemadat *Roller Slab*.” Dalam hal ini sampel yang telah dipadatkan akan diambil dengan menggunakan alat *core drill* dan benda uji dipotong secara vertikal maupun horizontal untuk mengetahui pergerakan agregat pada benda uji tersebut.

2. METODE

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan melakukan suatu percobaan terhadap beberapa benda uji guna

mendapatkan suatu hasil dari pemeriksaan. Pasir yang digunakan dalam penelitian yaitu Pasir Cepogo dan Pasir Merapi . Kadar aspal yang digunakan pada penelitian ini untuk Pasir Cepogo adalah 6,86 % dan untuk Pasir Merapi adalah 7,1 %, kemudian dilakukan pembuatan benda uji dengan variasi 35, 48, dan 64 lintasan untuk *roller slab*. Setelah semua benda uji selesai dibuat maka tahap selanjutnya adalah pengujian *Marshall* untuk mendapatkan hasil stabilitas, *flow* dan *volumetric*. Untuk lebih jelasnya, seluruh tahapan pembuatan benda uji akan dijelaskan melalui Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Aspal

Untuk mengetahui kualitas material yang akan digunakan maka dilakukan beberapa pengujian material. Material yang diuji yaitu agregat dan aspal.

Tabel 1. Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Penetrasi 60/70		Hasil Uji	Satuan	Status
		Min	Maks			
1	Penetrasi Aspal	60	70	66,7	mm	Memenuhi
2	Titik Lembek Aspal	48	58	49,5	°C	Memenuhi
3	Titik Nyala Aspal	232	-	245	°C	Memenuhi
4	Titik Nyala Bakar	232	-	249	°C	Memenuhi
5	Daktailitas	100	-	147	cm	Memenuhi
6	Berat Jenis Aspal	1	-	1,01	-	Memenuhi
7	kehilangan Berat Aspal	-	0,8	0,4	%	Memenuhi

3.2 Hasil pengujian agregat kasar dan medium

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas agregat yang akan digunakan. Agregat yang baik merupakan agregat yang sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar dan Medium

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil Uji	Satuan	Status
		Min	Maks			
1	Berat Jenis Agregat Kasar	-	-	1,89	-	Memenuhi
	Berat Jenis SSD	-	-	1,89	-	Memenuhi
	Berat Jenis Bulk	-	-	1,85	-	Memenuhi
	Berat Jenis semu	-	-	1,89	-	Memenuhi
	Penyerapan	-	3	2,2	%	Memenuhi
2	Berat Jenis Agregat Medium	-	-	2,57	-	Memenuhi
	Berat Jenis SSD	-	-	2,55	-	Memenuhi
	Berat Jenis Bulk	-	-	2,52	-	Memenuhi
	Berat Jenis semu	-	-	2,62	-	Memenuhi
	Penyerapan	-	3	1,57	%	Memenuhi
3	<i>Los Angeles</i>	-	40	30	%	Memenuhi
4	Kekekalan terhadap Larutan NaCl	-	12	11	%	Memenuhi
5	Kelekatan terhadap Aspal	95	-	99,06	%	Memenuhi

3.3 Pengujian Fraksi Kasar Dan Medium

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk mengetahui pembagian gradasi pada setiap ukuran saringan. Hasil pengujian analisa saringan fraksi kasar dan medium dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4

Tabel 3 Hasil Pengujian Fraksi Agregat Kasar

Ukuran saringan	Persen Agregat Tertahan	Persen Agregat Lolos
Mm	%	%
19	0	100
12.50	67	33
9.50	100	0
2.36	100	0
0.60	100	0
0.075	100	0
Pan	100	0

Tabel 4 Hasil Pengujian Fraksi Agregat Medium

Ukuran saringan	Persen Agregat Tertahan	Persen Agregat Lolos
Mm	%	%
19	0	100
12.50	0	100
9.50	1	99
2.36	100	0
0.60	100	0
0.075	100	0
Pan	100	0

3.4 Pengujian Agregat Halus Pasir Merapi

Pengujian agregat dilakukan untuk mengetahui kualitas agregat yang digunakan. Hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5

Table 5 Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir Merapi

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil Uji	Satuan	Status
		Min	Maks			
1	Berat Jenis	2,5	-	2,66	-	Memenuhi
	Berat Jenis SSD	2,5	-	2,63	-	Memenuhi
	Berat Jenis Bulk	2,5	-	2,55	-	Memenuhi
	Berat Jenis Kering	2,5	-	2,77	-	Memenuhi
	Penyerapan	-	5	3,09	%	Memenuhi
2	<i>Sand Equivalent</i>	50	-	65,19	%	Memenuhi
3	Kandungan Lumpur	-	1	0,8	%	Memenuhi

3.5 Pengujian Agregat Halus Pasir Cepogo

Pengujian agregat dilakukan untuk mengetahui kualitas agregat yang digunakan. Hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 6

Table 6 Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir Merapi

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil Uji	Satuan	Status
		Min	Maks			
1	Berat Jenis	2,5	-	2,57	-	Memenuhi
	Berat Jenis SSD	2,5	-	2,65	-	Memenuhi
	Berat Jenis Bulk	2,5	-	2,75	-	Memenuhi
	Berat Jenis Kering	2,5	-	2,66	-	Memenuhi
	Penyerapan	-	5	3,09	%	Memenuhi
2	<i>Sand Equivalent</i>	50	-	65,19	%	Memenuhi
3	Kandungan Lumpur	-	1	0,8	%	Memenuhi

3.6 Menentukan Kadar Aspal Pasir Merapi

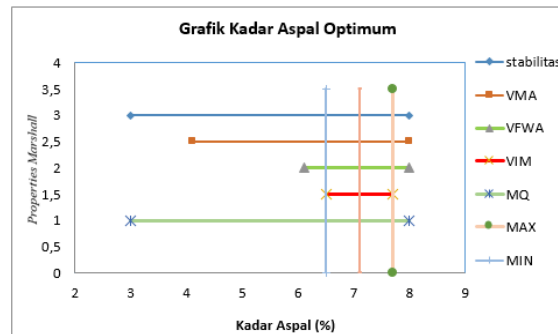
Kadar Aspal Optimum digunakan untuk menentukan kadar aspal yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji dengan tambahan Pasir Merapi. Penambahan Pasir Merapi dimaksudkan untuk memperbaiki kualitas *Properties Marshall* dalam campuran.

Tabel 7 *Properties Marshall* Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal	<i>Properties Marshall</i>					
	VIM	VMA	VFWA	Stabilitas	Flow	MQ
%	%	%	%	kg	mm	kg/mm
4	5.34	15.21	74.08	1151.25	2.10	306.73
5	5.41	15.54	72.20	1536.46	2.30	331.28
6	5.37	15.38	73.14	1864.96	2.20	319.00
7	3.94	16.64	77.67	1893.87	2.50	396.20
8	4.32	16.52	78.33	1896.51	2.40	437.60
Spec	3 sd 6	>15	>65	>800	2 sd 4	-

Berdasarkan Tabel 7 nilai stabilitas pada campuran aspal. Kadar aspal optimum ditentukan dengan memperhatikan data hasil uji yang kemudian disesuaikan dengan spesifikasi bina marga yang telah ditentukan. Setelah dilakukan analisis dan didapatkan

nilai *Properties Marshall* maka dapat ditentukan nilai Kadar Aspal Optimum dalam campuran. Penentuan nilai Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Kadar Aspal Optimum

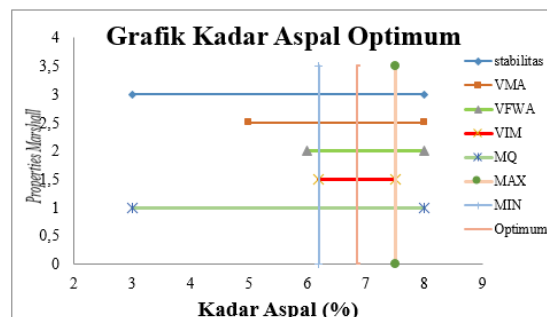
3.7 Menentukan Kadar Aspal Pasir Cepogo

Kadar Aspal Optimum digunakan untuk menentukan kadar aspal yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji dengan tambahan Pasir Merapi. Penambahan Pasir Merapi dimaksudkan untuk memperbaiki kualitas *Properties Marshall* dalam campuran.

Tabel 8 *Properties Marshall* Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal	<i>Properties Marshall</i>					
	VIM	VMA	VFWA	Stabilitas	Flow	MQ
%	%	%	%	kg	mm	kg/mm
4	5.74	15.4	67.08	1633.16	4.975	334.70
5	5.51	18.5	69.21	1730.52	4.400	392.69
6	5.17	18.1	72.12	1827.24	4.075	449.11
7	4.64	19.1	74.64	2018.48	3.875	521.74
8	3.32	20.7	79.31	2081.37	3.525	590.76
spec	3 sd 6	>15	>65	>800	2 sd 4	-

Berdasarkan Tabel 8 nilai stabilitas pada campuran aspal. Kadar aspal optimum ditentukan dengan memperhatikan data hasil uji yang kemudian disesuaikan dengan spesifikasi bina marga yang telah ditentukan. Setelah dilakukan analisis dan didapatkan nilai *Properties Marshall* maka dapat ditentukan nilai Kadar Aspal Optimum dalam campuran. Penentuan nilai Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Kadar Aspal Optimum

3.8 Nilai Workabilitas

Perhitungan nilai workabilitas dicari berdasarkan perbandingan volume sampel pada lintasan ke-3 dan lintasan rencana untuk alat pemadat *roller slab*, Volume sampel didapatkan berdasarkan luas x tinggi sampel.

3.8.1 Nilai Workabilitas Pada Pasir Cepogo

Hasil perhitungan nilai workabilitas untuk Pasir Cepogo pada pemadatan menggunakan alat pemadat *roller slab* dapat dilihat pada Tabel 9. berikut ini.

Tabel 9 Hasil Perhitungan Nilai Workabilitas pada Pasir Cepogo.

Lintasan	Tinggi (cm)		Diameter (cm)	Volume (cm ³)		Workabilitas (%) (A1/A2) x 100%
	3x	lintasan rencana		3 x (A ₁)	lintasan rencana (A ₂)	
64	4.14	4.04	10.10	331.69	323.68	102.48
	4.12	4.00	10.10	330.09	320.47	103.00
	4.13	4.02	10.10	330.49	322.08	102.61
Rerata	4.13	4.02	10.10	330.76	322.08	102.69
48	4.16	4.12	10.10	333.29	330.09	100.97
	4.16	4.06	10.10	333.29	325.28	102.46
	4.14	4.06	10.10	331.69	325.28	101.97
Rerata	4.15	4.08	10.10	332.76	326.88	101.80
35	4.18	4.18	10.10	334.90	334.90	100.00
	4.18	4.10	10.10	334.90	328.49	101.95
	4.16	4.12	10.10	333.29	330.09	100.97
Rerata	4.17	4.13	10.10	334.36	331.16	100.97

3.8.2 Nilai Workabilitas Pada Pasir Merapi

Hasil perhitungan nilai workabilitas untuk Pasir Cepogo pada pemadatan menggunakan alat pemadat *roller slab* dapat dilihat pada Tabel 9. berikut ini.

Tabel 10 Hasil Perhitungan Nilai Workabilitas pada Pasir Merapi

Lintasan	Tinggi (cm)		Diameter (cm)	Volume (cm ³)		Workabilitas (%) (A1/A2) x 100%
	3x	lintasan rencana		3 x (A ₁)	lintasan rencana (A ₂)	
64	4.20	4.02	10.10	336.50	322.08	104.48
	4.22	4.08	10.10	338.10	326.88	103.43
	4.20	4.08	10.10	336.50	326.88	102.94
Rerata	4.21	4.06	10.10	337.03	325.28	103.61
48	4.22	4.14	10.10	338.10	331.69	101.93
	4.24	4.10	10.10	339.70	328.49	103.41
	4.24	4.12	10.10	339.70	330.09	102.91
Rerata	4.23	4.12	10.10	339.17	330.09	102.75
35	4.24	4.24	10.10	339.70	339.70	100.00
	4.26	4.18	10.10	341.30	334.90	101.91
	4.26	4.20	10.10	341.30	336.50	101.43
Rerata	4.17	4.13	10.10	334.36	331.16	100.97

3.9 Nilai Properties Marshall

Kinerja campuran beraspal dapat dilihat dengan alat *Marshall Compression Machine* yang hasilnya terdiri dari stabilitas dan *flow*. Selain itu kinerja campuran beraspal juga ditentukan oleh sifat volumetrik campuran seperti *VIM*, *VMA*, dan *VFWA*.

3.9.1 Nilai Properties Marshall Pada Pasir Merapi

Pengujian Marshall pada pemadatan *roller slab* dapat dilihat pada Tabel 11. berikut ini.

Tabel 11.. Hasil Pengujian *Marshall* pada Pemadatan *Roller Slab* Pasir Merapi.

Jumlah Lintasan	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VFWA (%)	VMA (%)	VIM (%)	MQ (kg/mm)	Kepadatan (gr/cc)
	>800	2-4'	>65	Spesifikasi >15	3-5'	-	-
64	1554.74	3.90	75.26	17.93	3-5	398.65	2.07
	1439.75	3.60	78.51	17.32	3.72	399.93	2.08
	1619.97	3.70	73.02	18.38	4.96	437.83	2.05
Rerata	1538.15	3.73	75.60	17.88	4.37	412.14	2.07
	1297.35	3.30	73.61	18.26	4.82	393.13	2.06
48	1166.29	3.50	69.58	19.12	5.82	333.22	2.04
	1146.87	2.95	80.10	17.03	3.39	388.77	2.09
Rerata	1203.50	3.25	74.43	18.14	4.68	371.71	2.06
	942.63	3.20	79.55	17.13	3.50	294.57	2.09
35	921.58	3.20	69.88	19.05	5.74	287.99	2.04
	953.79	2.90	70.54	18.91	5.57	328.89	2.04
Rerata	939.33	3.10	73.32	18.36	4.94	303.82	2.05

3.9.2 Nilai Properties Marshall Pada Pasir Cepogo

Pengujian Marshall pada pemadatan *roller slab* dapat dilihat pada Tabel 12. berikut ini.

Tabel 12.. Hasil Pengujian *Marshall* pada Pemadatan *Roller Slab* Pasir Cepogo

Jumlah Lintasan	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VFWA (%)	VMA (%)	VIM (%)	MQ (kg/mm)	Kepadatan (gr/cc)
	>800	2-4'	>65	Spesifikasi >15	3-5'	-	-
64	1349.26	3.70	74.26	17.60	4.53	364.67	2.07
	1539.98	3.40	73.71	17.71	4.66	452.94	2.07
	1429.99	3.00	69.57	18.57	5.65	476.66	2.04
Rerata	1439.74	3.37	72.51	17.96	4.95	431.42	2.06
	1194.92	2.70	68.77	18.75	5.85	442.56	2.04
48	1066.32	2.80	70.43	18.38	5.44	380.83	2.05
	1214.34	2.95	76.14	17.24	4.12	411.64	2.08
Rerata	1158.53	2.82	71.78	18.13	5.14	411.68	2.06
	845.11	2.60	71.02	18.26	5.29	325.04	2.05
35	789.92	2.75	69.79	18.52	5.59	287.24	2.05
	826.61	2.65	69.27	18.64	5.73	311.93	2.04
Rerata	820.55	2.67	70.03	18.47	5.54	308.07	2.05

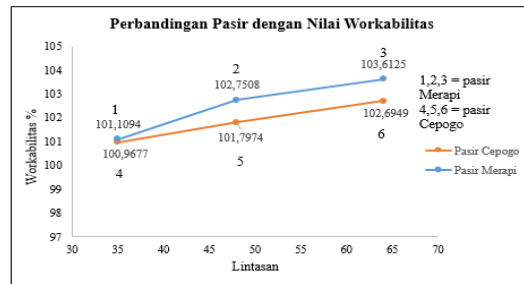
3.10 Komparasi Hasil Nilai Terhadap Workabilitas

Berdasarkan Tabel 9 dan Tabel 10 dapat dibuat komparasi nilai workabilitas agregat halus ditinjau dengan menggunakan alat pemadat *roller slab* seperti pada Tabel 13 berikut ini.

Tabel 13. Komparasi Berdasarkan Workabilitas

Lintasan	Workabilitas (%)	
	Pasir Cepogo	Pasir Merapi
64	102.69	103.61
48	101.80	102.75
35	100.97	101.11

Hasil dari Tabel 13 dapat dinyatakan dengan grafik komparasi nilai workabilitas antara pasir cepogo dan merapi dengan menggunakan *roller slab* yang dinyatakan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 . Komparasi Berdasarkan Nilai Workabilitas

3.11 Komparasi Hasil Nilai Terhadap Properties Marshall

Berdasarkan Tabel 11 dan Tabel 12 dapat dibuat komparasi nilai *Properties Marshall* gabungan agregat halus dengan menggunakan alat pemadat *roller slab* pada Gambar 4 – Gambar 9 berikut ini.

3.11.1 Komparasi agregat halus dengan pemadatan *roller slab* pada nilai stabilitas.

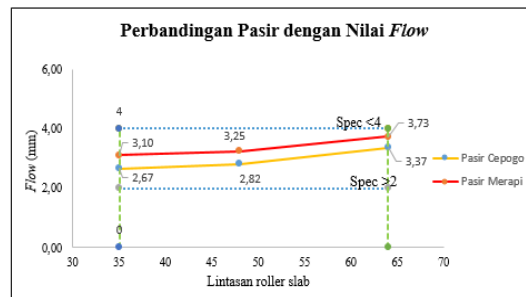


Gambar 4 Nilai Stabilitas

Berdasarkan Gambar 4 di atas dapat dilihat banyaknya lintasan berpengaruh terhadap nilai stabilitas. Semakin banyak jumlah lintasan, maka nilai stabilitas juga semakin besar. Berdasarkan semua sampel nilai stabilitas sudah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan Bina Marga 2018 yaitu minimal 800 kg.

Nilai stabilitas untuk 35 lintasan dengan menggunakan agregat halus pasir Cepogo dan Merapi, yaitu sebesar 820,55 kg dan 939,33 kg, untuk 48 lintasan agak berbeda namun tidak terpaut cukup jauh yaitu, sebesar 1158.53 kg dan 1203.50 kg, sedangkan untuk 64 lintasan yaitu sebesar 1439,74 kg dan 1538,15 kg. Berdasarkan grafik pada Gambar 4 bisa disimpulkan bahwa nilai Stabilitas pada Pasir Merapi lebih besar dari pada Pasir Cepogo.

3.11.2 Komparasi pemadatan *roller slab* dan *Marshall hammer* pada nilai *flow*.

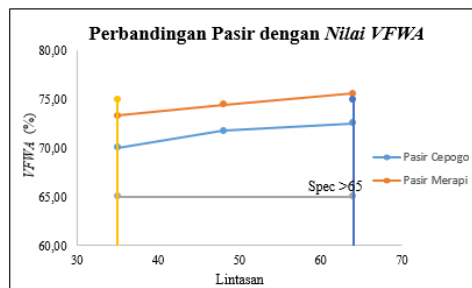


Gambar 5 Nilai Flow

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat semakin banyak lintasan menyebabkan semakin bertambahnya nilai flow, dari semua sampel nilai *flow* sudah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan Bina Marga 2018 yaitu 2-4 mm.

Nilai *flow* untuk 35 lintasan dengan menggunakan agregat halus pasir Cepogo dan Merapi yaitu sebesar 2,67 mm dan 3,10 mm , untuk 48 lintasan yaitu sebesar 2,82 mm dan 3,25 mm, untuk 64 lintasan yaitu sebesar 3,37 dan 3,73 mm. Berdasarkan grafik pada Gambar 5.3 nilai *flow* pada pemadatan Pasir Merapi lebih besar dari pada Pasir Cepogo.

3.11.3 Komparasi agregat halus dengan menggunakan alat pemadat *roller slab* pada nilai VFWA.

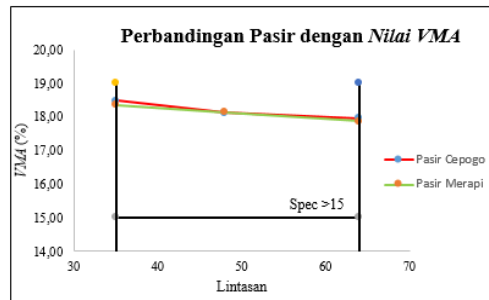


Gambar 6 Nilai VFWA

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat dilihat semakin banyak jumlah lintasan, maka semakin tinggi pula rongga-rongga campuran yang berisi aspal (*Void Filled With Asphalt*). Sehingga akan menjamin keawetan perkerasan campuran. Dari semua sampel nilai VFWA sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yang telah diisyaratkan yaitu >65%.

Nilai VFWA untuk 35 lintasan pasir Cepogo dan pasir Merapi, yaitu sebesar 73,32 % dan 70,03 % , untuk 48 lintasan sebesar 74,43 % dan 71,78 % , untuk 64 lintasan, yaitu sebesar 75,60 % dan 75,21 % . Berdasarkan grafik pada Gambar 5.6 nilai VFWA pada pemadatan Pasir Merapi lebih besar dari pada Pasir Cepogo.

3.11.4 Komparasi agregat halus dengan menggunakan alat pemadat *roller slab* pada nilai *VMA*(*Void in Mineral Aggregates*).

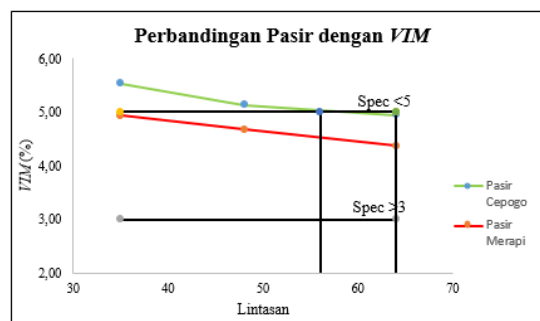


Gambar 7. Nilai VMA

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat semakin banyak jumlah lintasan juga mengakibatkan nilai *VMA* semakin kecil karena semakin bertambahnya jumlah lintasan pada *Roller slab* sehingga jarak antara rongga menjadi lebih kecil. Dari semua sampel nilai *VMA* sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yang telah diisyaratkan yaitu >15%

Nilai *VMA* untuk 35 lintasan dengan menggunakan Pasir Cepogo dan pasir Merapi yaitu sebesar 18,36 % dan 18,47 %, untuk 48 lintasan yaitu sebesar 18,14 % dan 18,13 %, untuk 64 lintasan yaitu sebesar 17,88 % dan 17,96 %.

3.11.5 Komparasi agregat halus dengan menggunakan alat pemadat *roller slab* pada nilai *VIM* (*Void in Mix*)

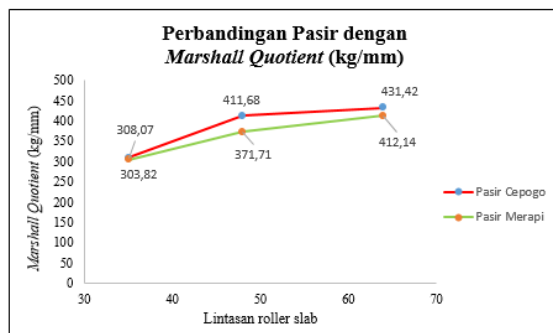


Gambar 8. Nilai VIM

Berdasarkan Gambar 58 dapat dilihat semakin banyak jumlah lintasan , maka rongga-rongga dalam campuran akan semakin mengecil/berkurang dan mendapati hilang akibat pemadatan. Sehingga semakin kecil nilai *VIM* maka campuran tidak mudah rusak atau getas sesuai spesifikasi. Dari semua sampel ada beberapa sampel dengan nilai *VIM* yang tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yang telah diisyaratkan yaitu berkisar antara 3%-5%., serta sampel lintasan 35 dan 48 pada *roller slab*. Hal ini karena sampel belum mencapai kepadatan maksimum.

Nilai *VIM* untuk 35 lintasan dengan menggunakan pasir Cepogo dan pasir Merapi yaitu sebesar 5,54 % dan 4,94 %, untuk 48 lintasan yaitu sebesar 5,14 % dan 4,68 %, untuk 64 lintasan yaitu sebesar 4,95 % dan 4,37 %.

3.11.6 Komparasi agregat halus dengan menggunakan alat pemadatan *roller slab* pada nilai *Marshall Quotient*.



Gambar 9. Nilai MQ

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah lintasan maka campuran akan semakin stabil hingga mencapai nilai optimum dan mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* semakin besar. Nilai *Marshall Quotient* untuk 35 lintasan dengan menggunakan agregat halus pasir Cepogo dan Merapi yaitu sebesar 308,07 kg/mm dan 303,82 kg/mm, untuk 48 lintasan yaitu sebesar 411,68 kg/mm dan 371,71 kg/mm, untuk 64 lintasan yaitu sebesar 431,42 kg/mm dan 412,14 kg/mm.

Berdasarkan hasil penelitian pada Gambar 5.9 Nilai *Marshall Quotient* pada kedua pemadatan tersebut terdapat selisih yang cukup signifikan Nilai *Marshall Quotient*. Hal ini karena nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai *stabilitas* dan *flow*.

4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. Nilai Workabilitas agregat halus Pasir Cepogo dengan menggunakan alat pemadatan *roller slab* pada 35,48 dan 64 lintasan sebesar 100,97 %, 101,80 %, dan 102,69 %.

Nilai Workabilitas agregat halus Pasir Merapi dengan menggunakan alat pemadatan *roller slab* pada 35,48 dan 64 lintasan sebesar 101,11 %, 102,75 % dan 103,67 %. Nilai *Properties Marshall* agregat halus Pasir Cepogo untuk karakteristik *Marshall* pada 35,48, 64 lintasan nilai stabilitas sebesar 820,55 kg, 1158,53 kg, 1439,74 kg, nilai *flow* 2,67 mm, 2,82 mm, 3,37 mm, nilai *MQ* 308,07 kg/mm, 344,29 kg/mm, 431,42 kg/mm, nilai *VIM* 5,54%, 5,14%, 4,95%, nilai *VMA* 18,47%, 18,13%, 17,96%, nilai *VFWA* 70,03%, 71,78%, 72,51%.

Nilai *Properties Marshall* agregat halus Pasir Merapi untuk karakteristik *Marshall* pada 35,48,64 lintasan nilai stabilitas sebesar 939,33 kg, 1203,50 kg, 1538,15 kg, nilai *flow* 3,10 mm, 3,15 mm, 3,73 mm, nilai *MQ* 303,82 kg/mm, 371,71 kg/mm, 412,14 kg/mm, nilai *VIM* 4,94%, 4,68%, 4,37%, nilai *VMA* 18,36%, 18,14%, 17,88%, nilai *VFWA* 73,32%, 74,43%, 75,60%. Berdasarkan Nilai Workabilitas dan Nilai *Properties Marshall* agregat halus pasir Merapi lebih baik dibandingkan dengan menggunakan agregat halus pasir Cepogo.

Sesuai dengan hasil penelitian, maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut : Perlu penambahan alat keselamatan pada penggunaan alat pemadat *roller slab* agar suara bising bisa diredam. Perlu penambahan sensor untuk menentukan jumlah lintasan agar sesuai dengan rencana dan bersifat otomatis. Penggantian motor gerak pada *roller* agar campuran lebih stabil tidak terjadi goyangan pada loyang yang menyebabkan campuran tidak padat. Penggantian metode penambahan beban yang bersifat lebih modern.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO *American Association of State Highway Officials*. 1993. *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington DC (US): AASHTO.

Agus Fanani Setya Budi, Ferdinan Nikson Liem, Koilal Alokabel 2017.

“Studi Komparasi Pengaruh Variasi Penggunaan Nilai Konstanta Aspal Rencana Terhadap Nilai Stabilitas Pada Campuran Aspal Beton (HRS-WC) Terhadap Karakteristik Uji Marshall” . Vol 2 No 1 (2017): JUTEKS (Jurnal Teknik Sipil) hal 54-63. Diakses pada tanggal 28 juni 2021 dari

<http://www.jurnal.pnk.ac.id/index.php/jutek/article/view/124>

Ardan's Al Riza 2020. “Komparasi Pemadatan Alat Pemadat Roller Slab Dengan Marshall Hammer Pada Campuran AC-WC Ditinjau dari Aspek Workabilitas dan Properties Marshall.” Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Aries, 2009, “Alat Pemadat Roller Slab (APRS),” Tugas Akhir, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

A Nastiti, T Mulyono, A Purnomo 2016. “Kajian Laboratorium Parameter Marshal dengan Pasir Pantai Carita Sebagai Agregat Halus dalam HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course).” Jurnal Menara Jurusan Teknik Sipil FT.UNJ Volume XI - No.1 – 1:65-74.

Azizah, N., & Rahardjo, B. (2017). “Kinerja campuran hot rolled sheet-wearing course (hrs-wc) dengan filler abu ampas tebu”. Bangunan: Teori, Praktek, Penelitian, dan Pengajaran Teknik Bangunan, 22(2).

Bina Marga. 2010. Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) “ Spesifikasi Gradasi Agregat Campuran Lataston ” . Kementrian Direktorat Jendral Pekerjaan Umum Indonesia.

Bina Marga. 2018 . Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 “ Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional ” . Yogyakarta : Direktorat Jendral Bina Marga.

- Darunifah, N, 2007, “*Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS - WC)*”, Tesis, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang
- Galang Jati Perkasa 2012. “*Pengaruh suhu pemadatan terhadap indeks workabilitas campuran HRA (Hot Rolled Asphalt) menggunakan filler abu vulkanik gunung merapi*”. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS, Surakarta.
- Hasmiati 2014. “*Mix desain Asfalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Menggunakan Fly Ash Batu Bara sebagai pengganti Filler.*” 2.(1): 133-144
- Jurusan Teknik Sipil, 2016. *Modul Praktikum Bahan Perkerasan*, Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Martha K, A. 2012 “ *Analisis Kinerja Campuran Aspal Panas dengan menggunakan Variaansi Komposisi BGA (Buton Granular Asphalt) dan Penambahan Adiktif jenis Polimer*”. Fakultas Teknik , Universitas Indonesia
- M Ichsan, S Sunarjono, A Sudjatmiko, M Hartadi S 2012 “ *Studi Prosedur Pemadatan Material Asphalt Concrete (AC) Menggunakan Alat Pemadat Roller Slab (APRS)*” Seminar Nasional UMS 2012, Surakarta
- Nurkhayati Darunifah 2007 “*Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS - WC)* “ Universitas Diponegoro Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Semarang
- Ramdhani 2020. “*Pengaruh Kadar Filler Fly Ash Dalam Campuran AC-WC Dengan Pasir Pantai Takisung Sebagai Agregat Halus Ditinjau Dari Aspek Ketidakrataan dan Properties Marshall.*” Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Shabrina A, 2019. “*Analisis Pemanfaatan Pasir Pantai Kemala Sebagai Bahan Tambah Campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Terhadap Marshall Properties dan Nilai Struktural* “. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sinaga, Irwanto 2007 “*Penggunaan Limbah Hancuran Genteng Sebagai Alternatif Agregat Kasar Pada Campuran Hot Rolled Asphalt*” Undergraduate thesis, Universitas Kristen Maranatha.
- Suyadharma, H., Wigroho, H. Y., 1998, *Alat-alat Berat*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Sukanto HM 2020 “ *Penggunaan Pasir Sungai Progo Sebagai pengganti Agregat Halus Dalam Beton Aspal Campuran AC-WC* ” Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Sukirman, 1999 “*Karakteristik campuran beraspal sebagai lapis perkerasan jalan*” Badan Penerbit Nova Bandung.
- Sukirman, 2003 “*Beton Aspal Campuran Panas* ” Badan Penerbit Nova Bandung.
- Sunarjono, S dkk. 2009. “*Rekayasa Alat Pemadat Dinamis Sistem Roller Skala Laboratorium dan Penyelidikan Karakteristik Kepadatan Bahan Perkerasan Jalan*” Usulan Penelitian Hibah Bersaing. LPPM UMS. Surakarta.
- Sunarjono, S dkk. 2013. *Engineering Of Roller Compaction Tool Laboratory Scale For Pavement Material*. Eco Rekayasa/Vol.9/No.1/Halaman : 74-81. Surakarta. Diakses Tanggal 19 juli 2021 dari <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/3043?show=full>.

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 “ *Persyaratan Aspal dalam campuran perkerasan lentur*” Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Wulandari Y 2018. “*Studi Komparasi Pemanfaatan Batu Pecah Tangan dan Stone Crusher Terhadap Sifat Marshall dan Workability pada Campuran HRS-Base*”. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UMS, Surakarta.